

涠洲岛湿地对鸕鹚类水鸟的承载力评估*

An Evaluation of Wetland Carrying Capacity of Shorebirds on Weizhou Island

莫竹承¹,孙仁杰¹,陈晓^{1,2},潘良浩¹,庞万伟^{3**},高霆伟¹

MO Zhucheng¹,SUN Renjie¹,CHEN Xiao^{1,2},PAN Lianghao¹,PANG Wanwei³,GAO Tingwei¹

(1.广西科学院广西红树林研究中心,广西红树林保护与利用重点实验室,广西北海 536000; 2.华南农业大学海洋学院,广东广州 510642;3.广西涠洲岛自治区级自然保护区管理处,广西北海 536004)

(1.Guangxi Key Lab of Mangrove Conservation and Utilization,Guangxi Mangrove Research Center,Guangxi Academy of Sciences,Beihai,Guangxi,536000,China;2.College of Marine Science,South China Agriculture University,Guangzhou,Guangdong,510642,China;3.Adminstration Bureau of Guangxi Provincial Weizhou Island Nature Reserve,Beihai,Guangxi,536004,China)

摘要:【目的】评估候鸟迁徙季节涠洲岛湿地对鸕鹚类水鸟的承载力。【方法】调查监测候鸟迁徙季节涠洲岛湿地生物量和鸕鹚类水鸟群落,由水生生物热量和鸕鹚类群落的综合代谢率估算涠洲岛湿地食物量对鸕鹚类水鸟的承载力。【结果】鸕鹚类水鸟在涠洲岛的觅食地面积为 158.54 hm²,包括库塘面积 40.58 hm²,沼泽面积 69.56 hm²以及涠洲岛东岸潮间带面积 48.40 hm²。鸕鹚类群落由 35 种鸟类组成,涠洲岛湿地对鸕鹚鸟类春秋季节承载力分别为 874~1 236 只和 1 001~1 302 只。觅食地承载力密度(只/hm²)春季库塘 10.7>沼泽 5.6>潮间带 4.8,秋季沼泽 6.8>库塘 4.3>潮间带 3.6。淡水湿地密度高于潮间带密度。1990 年以来潮间带觅食地面积损失了 86%,单位面积平均生物量下降了 55%。【结论】湿地面积、水生生物丰度影响涠洲岛湿地对鸕鹚类的承载力,修复湿地可提高承载力。

关键词:鸕鹚类 承载力 湿地 水生生物量 涠洲岛

中图分类号:Q14 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2018)02-0181-08

Abstract:【Objective】To evaluate the carrying capacity of shorebirds in the Weizhou Island wetland during the migration season.【Methods】A survey was conducted to monitor the biomass of aquatic organisms and shorebirds communities in the Weizhou Island wetland during the migratory season.

The amount of food on the shorebirds carrying capacity of the Weizhou Island wetland was estimated according to the calories of aquatic organisms and the shorebirds comprehensive metabolic rate.【Results】Feeding size for shorebirds on Weizhou Island was 158.54 hm² including 40.58 hm² of ponds,69.56 hm² of marsh and 48.40 hm² of intertidal zone in

收稿日期:2017-12-01

作者简介:莫竹承(1964—),男,副研究员,主要从事红树林及海岸生态系统修复研究。

* 涠洲岛湿地生态修复项目(GXZC2014-J2-0166-ZC,GXZC2015-G2-0021-JY,GXZC-J3-0014-DC)资助。

** 通信作者:庞万伟(1973—),男,工程师,主要从事鸟类保护管理,E-mail:pang6809995@126.com。

the east coast of Weizhou Island. The shorebirds community consisted of 35 species of birds. The carrying capacity of shorebirds was 874~1 236 birds in spring and 1 001~1 302 birds in autumn. The carrying capacity density of feeding sites (birds per hectare) was ponds 10.7>marsh 5.6>intertidal zone 4.8 in spring and marsh 6.8>ponds 4.3>intertidal zone 3.6 in autumn respectively. The carrying capacity density in fresh wetland was higher than that in intertidal zone. **【Conclusion】**The carrying capacity of shorebirds depends on the size of wetland and the abundance of aquatic organisms in Weizhou Island wetland. Wetland restoration will help to increase the carrying capacity.

Key words: shorebirds, carrying capacity, wetland, aquatic biomass, Weizhou Island

0 引言

【研究意义】鸕鹚类(鸕形目)是栖息于水边、沼泽地、开阔地带的一类中小型涉禽,其种群数量的多少是衡量湿地重要性的标准之一^[1]。涠洲岛是东亚-澳大利亚候鸟迁徙路径上的重要驿站,每年迁徙候鸟中有不少鸕鹚类种群出现^[2]。**【前人研究进展】**环境对生物的承载力是指生态环境所能承受阈值范围内的一种定量指标,主要受可用食物量、可栖息空间以及胁迫因子的影响。地形变化造成食物分布差异会影响鸕鹚类的数量和分布^[3],人类活动的增加会减少鸟类的摄食与分布空间^[4-5],进行环境管理增加无脊椎动物丰度可丰富鸕鹚水鸟数量与多样性^[6]。不论环境和人类的影响如何,湿地生境中的水生生物食物量依然是鸕鹚类承载力的基础。鸟类摄食的领地大小、食量与其个体大小密切相关^[7]。通过分析涉禽去脂体重、基础代谢率、日摄食量的关系可测算河口区鸕鹚鸟类对无脊椎动物的消费量和环境承载力^[8],前人的这些研究成果为涠洲岛鸕鹚类水鸟承载力评估奠定了重要基础。**【本研究切入点】**海岛湿地是鸕鹚类水鸟在岛上觅食栖息的重要场所,评估涠洲岛湿地对鸕鹚类水鸟的承载力,可为保护区的管理决策提供科学依据。**【拟解决的关键问题】**通过调查涠洲岛鸟类中鸕鹚类的群落组成并计算其日代谢能量消耗量,调查湿地的底栖生物量并换算成热量。

1 研究地点概况

我国最大的火山岛涠洲岛位于北海市正南方 48 km 的北部湾海域,是候鸟迁徙的重要驿站。涠洲岛中心地理坐标为北纬 21°02'27",东经 109°06'43",海岛岸线长约 24.6 km,岛陆面积 24.98 km²,滩涂(潮间带)面积 347 hm²^[9],含有大量珊瑚碎屑,营养成分低。涠洲岛气候属高温半湿润的北热带季风气候区^[10],1981—2010 年涠洲岛年均气温 23.3℃,最热月均气温 29℃,最冷月均气温 14.5℃,年均日照时数

2 261.1 h,年均降水量 1 449.8 mm,4~10 月降水较多,占全年降水量的 87%^[11]。涠洲岛位置见图 1。

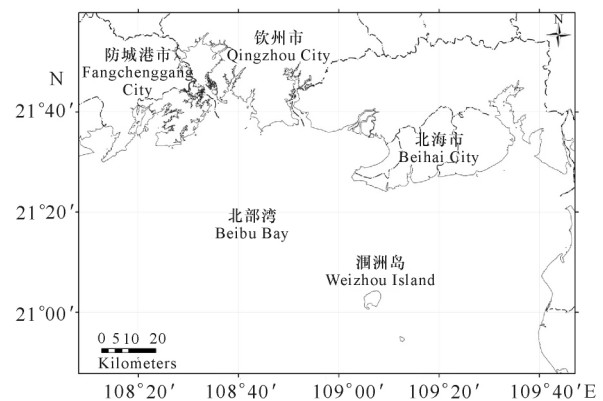


图 1 涠洲岛位置

Fig.1 The location of Weizhou Island

2 材料与方法

2.1 觅食地面积调查

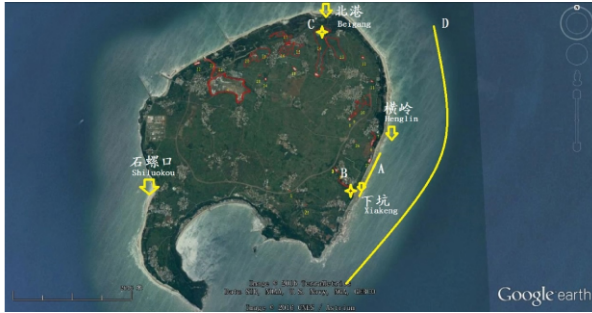
鸕鹚类水鸟觅食地分布于潮间带和岛陆淡水湿地。潮间带是在高低潮线之间被潮汐周期性覆盖的咸水湿地,随机调查潮滩底栖生物分布状况,发现底栖生物活动的潮滩被认定为潮间带觅食地。岛陆淡水湿地觅食地包括沼泽湿地和库塘湿地,沼泽湿地主要是弃荒 20 余年水稻田,库塘湿地有水库和山塘,水深可达 1 m 以上。淡水湿地面积因干湿季节的变化而不同,我们选择在丰水期的夏秋季(7~10 月)进行水生生物量调查时,用手持 GPS 沿湿地边界绕测,将绕测数据导入电脑用 ARCGIS 图形软件测算得鸕鹚类水鸟觅食地面积数据。

2.2 鸕鹚类水鸟群落组成调查

根据鸕鹚类水鸟在涠洲岛上的活动规律,选择 A、B、C、D 4 个鸕鹚类水鸟监测样区,在 2015 年的 4 月、7 月、10 月和 2016 年的 1 月进行了 4 次水鸟监测,每次监测时间为连续 2 周。监测样区分布见图 2。

各监测样区的大小、地理坐标等环境特征见

表 1。



A:牛栏山滩涂 NLS beach,B:坑仔溪湿地 KZX wetland, C:牛角坑湿地 NJK wetland,D:近海海域 Coastal waters

图 2 涠洲岛鸕鹚类水鸟与湿地监测区

Fig. 2 Shorebirds and wetland monitoring site on Weizhou Island

直接计数法:选择正在涨潮或退潮的时间,沿海岸线采用 8×42 双筒望远镜或(20~60)×80 双筒望远镜观察,记录调查范围内所见的水鸟,并使用 GPS

表 1 涠洲岛鸕鹚类水鸟监测区环境特征

Table 1 Environmental factors of shorebirds monitoring site on Weizhou Island

地点 Sites	面积 Size(hm ²)	坐标 Coordinate	湿地类型 Wetland type	调查方法 Survey method
A:牛栏山滩涂 NLS beach	16	21°02' 21.55"N 109°08' 04.86"E	沙石滩涂 Sand and stone	直接计数 Direct-count
B:坑仔溪湿地 KZX wetland	2	21°01'56.06"N 109° 07'53.07"E	沼泽湿地 Marsh	直接计数 Direct-count
C:牛角坑湿地 NJK wetland	7	21°04'10.15"N 109°07'28.10"E	沼泽湿地 Marsh	直接计数 Direct-count
D:涠洲岛近海海域 Coastal waters	200	21°03'09.50"N 109° 08'40.85"E	浅水海域 Shallow water	航线调查 Shipping survey

潮间带生物量调查,分别在涠洲岛下坑、石螺口、北港和横岭设置调查断面,与鸕鹚类水鸟监测同步开展大型底栖动物调查。每个调查断面设置 3 个调查站位,每个调查站位随机取 4 个 25 cm×25 cm 样方采样,筛选的大型底栖动物用 5%(V/V)甲醛溶液固定于样瓶中带回实验室处理。生物量测定用坩埚盛在烘箱中 60℃ 烘 24 h 至恒重后称干重(DW),然后在马弗炉中 600℃ 高温煅烧 12 h 后称量计算去灰分干重(AFDW)。

湿地生物调查点分布见图 2。

2.4 承载力计算

鸟类环境承载力的计算有两种方法,一种是日消耗量模型,即把可取得的总生物量食物除以一只鸟每日所消耗的食物量来评估承载力;另一种是空间消耗模型,按照食物生物量在生境地块中的密度来评估承载力。前一种模型限制因素较少,被多数研究者所采用^[12]。由于生境中的生物量不可能全部被鸟类捕食,由此估算鸟类“可取得的生物量”偏差较大。本研究把鸕鹚类水鸟与涠洲岛湿地视为一个生态系统整

测定调查区域的经纬度。

航线调查法:选择乘坐快艇沿涠洲岛海岸线调查,船速在 5 节(9.26 km/h)左右,边航行边观察记录两侧视野范围内(约 200 m)的水鸟,并使用 GPS 每隔 5 s 记录航迹。

2.3 湿地生物量调查

岛陆淡水湿地生物量调查分别于 2014 年 10 月、2015 年 7 月、10 月和 2016 年 4 月进行(2015 年 1—6 月因干旱中断),每次调查持续 1 周时间。分别在牛栏山、盛塘、牛角坑、北港、后背塘、西角、下坑、百代寮、公山、荔枝山等涠洲岛主要淡水湿地中现场用电捕法调查,每次作业 20 min。在西角水库采用流刺网(渔民协助)进行调查,单层流刺网长 50 m,宽 1 m,网目 4 cm,置于水深 3 m 处,5 h 后起网。采集到的标本根据不同用途以 15%(V/V)福尔马林或纯酒精固定保存带回实验室,备后续鉴定及测定。

体,水鸟在湿地食物链中的地位假定为湿地水生生物的上一层,能量传送关系符合“林德曼定律”即“十分之一定律”^[13],这样的评估会更符合生态系统可持续性的能量平衡特征。

单位面积底栖动物去灰分干重与底栖动物分布的潮滩面积的乘积即为总干重生物量 AFDW,乘以热值获得潮滩底栖动物总热值。同样通过调查计算得到库塘和沼泽湿地各类淡水生物总重量,并与相应动物的热值相乘,其乘积之和为淡水湿地水生动物总热值。潮滩底栖动物热值和淡水水生动物热值总和的 1/10 即为支持涠洲岛水鸟的总能量(kJ)。将监测的鸕鹚类水鸟人为地划分为大(体长>40 cm)、中(24 cm<体长<40 cm)、小(体长<24 cm)3 个等级,平均基础代谢率分别为大型 280 kJ/d,中型 127 kJ/d,小型 53 kJ/d。根据各类型鸟类在群落中的比例,计算出各鸟类群落中个体平均综合基础代谢率(RMR),将其 3 倍值作为群落个体的野外代谢率 FMR(kJ/d)^[14]。

根据湿地生物提供的总能量,鸟类每天野外基础

代谢消耗的能量,以及迁徙时滞留的天数,可以测算涠洲岛湿地所能支持的鸕鹚类水鸟最大的种群数量。

3 结果与分析

3.1 觅食地面积

调查数据显示,涠洲岛的淡水湿地总面积为 110.

表 2 涠洲岛淡水湿地一览表

Table 2 List of fresh wetland on Weizhou Island

编号 No.	地点 Site	经度 Longitude	纬度 Latitude	沼泽 Marsh (hm ²)	库塘 Ponds (hm ²)
1	百代塘 BT pond	109°7'2.38"E	21°1'56.29"N		0.04
2	上坑塘 SK pond	109°7'38.98"E	21°2'11.17"N		0.29
3	坑仔溪 KZ stream	109°7'40.32"E	21°2'10.72"N	1.06	
4	西角水库 XJ reservoir	109°5'55.72"E	21°3'21.26"N		34.73
5	坑仔溪 KZ stream	109°7'44.32"E	21°2'1.89"N	0.65	1.44
6	牛栏塘 NL pond	109°8'8.41"E	21°2'33.91"N		0.47
7	牛栏湿地 NL marsh	109°8'9.56"E	21°2'35.52"N	0.48	
8	井仔塘 JZ pond	109°7'49.32"E	21°2'51.09"N		0.27
9	井仔沼泽 JZ marsh	109°7'52.30"E	21°2'53.48"N	0.51	
10	圣塘沼泽 ST marsh	109°7'55.95"E	21°2'54.49"N	6.10	0.07
11	公山塘 GS pond	109°8'10.23"E	21°3'19.82"N		0.17
12	公山背塘 GSB pond	109°8'1.17"E	21°3'39.72"N		0.20
13	苏牛坑沼 SNJ marsh	109°7'41.46"E	21°3'40.10"N	11.68	
14	黄牛坑沼 HNJ marsh	109°7'27.96"E	21°3'26.41"N	20.73	1.56
15	北港沼 BG marsh1	109°7'4.43"E	21°3'47.31"N	4.50	
16	北港沼 BG marsh2	109°7'5.39"E	21°3'51.84"N	5.27	0.16
17	北港沼 BG marsh3	109°7'1.68"E	21°3'52.10"N	4.38	
18	老张公塘 LZG pond	109°7'4.57"E	21°3'32.40"N		0.52
19	荔枝山沼 LZS marsh	109°6'33.35"E	21°3'43.07"N	8.67	
20	后背沼 HB marsh1	109°6'27.39"E	21°3'38.20"N	2.52	
21	后背沼 HB marsh2	109°5'59.77"E	21°3'30.63"N	1.15	
22	西角沼 XJ marsh	109°5'43.36"E	21°3'33.51"N	0.57	
23	西角沟 XJ stream1	109°5'57.19"E	21°3'22.98"N	1.29	
24	圩仔塘 XZ pond	109°6'42.48"E	21°3'21.50"N		0.18
25	邱屋塘 QW pond	109°7'14.42"E	21°1'45.79"N		0.01
26	上牛栏 SNL1	109°7'55.31"E	21°2'33.42"N		0.02
27	上牛栏 SNL2	109°8'4.85"E	21°2'18.34"N		0.37
28	圩仔塘 XS pond2	109°6'36.92"E	21°3'24.90"N		0.08
合计 Sum				69.56	40.58

涠洲岛海岸潮间带或沙滩浅,或底质为火山岩浆,不利于底栖生物的生存。调查发现涠洲岛的北面(北港)、西面(石螺口)和南面(南湾港)海滩很少甚至没有大型底栖动物,这些区域的潮间带也很少出现鸕鹚类水鸟。只有海岛东面下坑村到横岭村一带的潮间带海滩有大型底栖动物存量,是鸕鹚类水鸟在潮间带觅食地,手持 GPS 绕测这一区域海滩面积为 48.4 hm²,为水鸟重要觅食地。

3.2 涠洲岛湿地生物量及热量

3.2.1 淡水湿地生物量及热量

淡水水生物和潮间带底栖生物均进行了 4 个季度的调查,但在候鸟迁徙季节春季(4 月)和秋季(10

14 hm²,其中适合淡水鱼生长的库塘湿地面积 40.58 hm²,仔鱼、小型鱼虾和两栖类等可以生存的沼泽湿地面积 69.56 hm²(表 2)。

月)涠洲岛上的鸟类种群比较多,此时的水生生物量对承载力的影响最大,因此可以只选择春秋季节数据进行分析。

在淡水湿地生物调查中,按照 100 m²的样方计算采样取得的水生动物种类数量与鲜重,主要种群有罗非鱼 *Oreochromis mossambicus*、大鳞细鲃 *Rasborinus macrolepis*、麦穗鱼 *Pseudorasbora parva*、黄鳍 *Monopterus albus*、泥鳅 *Oriental weatherfish*、食蚊鱼 *Gambusia affinis*、鲇 *Silurus asotus*、叉尾斗鱼 *Macropodus opercularis*、斑鳢 *Channa maculata*、子陵吻鰕虎鱼 *Rhinogobius giurinus*、田螺 *Procambarus clarkii*、虎纹蛙

Hoplobatrachus tigerinus 等 12 种水生生物,以样方中水生生物种类、鲜重为基础,根据相关鱼类单位

质量的热量值^[15],计算样方水生生物综合热量,结果见表 3。

表 3 淡水湿地 100 m²样方水生生物量与热量

类型 Wetland type	面积 Size (hm ²)	平均生物量 Mean biomass (kg)				平均热量 Mean calories (kJ)			
		春季 Spring	标准差 SD	秋季 Autumn	标准差 SD	春季 Spring	标准差 SD	秋季 Autumn	标准差 SD
库塘 Ponds	40.58	3.806	0.891	2.871	0.512	20 802.590	5 322.847	14 285.012	2 512.025
沼泽 Marsh	69.56	2.162	0.306	4.121	0.579	10 994.688	1 723.994	22 469.509	3 458.675

3.2.2 潮间带湿地生物量及热量

在潮间带底栖生物调查中,4 条调查断面只有下坑和横岭两条断面调查到底栖动物生物量,底栖生物

主要由甲壳动物、软体动物和多毛类动物组成,数据统计整理于表 4。

表 4 潮间带大型底栖生物量统计

Table 4 Intertidal zone benthos biomass on Weizhou Island

断面 Suevey section	站点 Survey site	春季 Spring			秋季 Autumn		
		密度 Density(ind/m ²)	干重 DW(g/m ²)	去灰干重 AFDW(g/m ²)	密度 Density(ind/m ²)	干重 DW(g/m ²)	去灰干重 AFDW(g/m ²)
下坑	内滩 Inner beach	32.0	2.0	1.0	35.0	2.4	1.1
Xiakeng	中滩 Middle beach	1 004.0	64.2	11.8	803.0	83.4	15.1
	外滩 Outer beach	108.0	19.7	2.0	110.0	24.0	2.4
横岭	内滩 Inner beach	216.0	30.3	4.0	140.0	40.2	5.2
	中滩 Middle beach	88.0	3.8	2.2	70.0	5.0	2.9
Hengling	外滩 Outer beach	60.0	59.0	4.4	70.0	82.0	5.8
	平均 Mean	251.3	29.8	4.2	204.8	39.5	5.4
标准差 SD				3.9			5.0

涠洲岛横岭和下坑潮间带底栖动物去灰份干重生物量春季为(4.2±3.9) g/m²,秋季为(5.4±5.0) g/m²。将 2016 年调查取得的 4 个断面大型底栖动物年均密度与生物量与 1990 年的调查结果做对比(图 3),最明显的变化就是 1990 年涠洲岛潮间带面积 347 hm²均有大型底栖动物分布。在猪仔岭、横岭、北港、竹蔗寮(石螺口)4 个断面 12 个调查站位中,除了北港高潮带站位没有底栖生物外,其余 11 个站位均有生物量,最大干重生物量 DW 和密度分别达到 369.6 g/m²和 386.0 ind/m²,平均干重生物量 DW 和密度分别为(66.6±109.7) g/m²和(99.2±122.2) ind/m²[9]。2016 年调查表明大型底栖生物分布的潮间带面积仅 48.4 hm²,水鸟在潮间带摄食面积减少了 86%;而且只有横岭和下坑两个潮间带断面有底栖生物,这两个断面平均干重生物量 DW 和密度分别为(29.8±26.8) g/m²和(251.3±374.1) ind/m²,与 1990 年相比较平均生物量减少了 55%,但生物个体密度增加了 153%。自 1990 年以来的 26 年间涠洲岛潮间带生物量下降了,但个体密度反而增加

了,说明涠洲岛的潮间带生物生境严重退化。

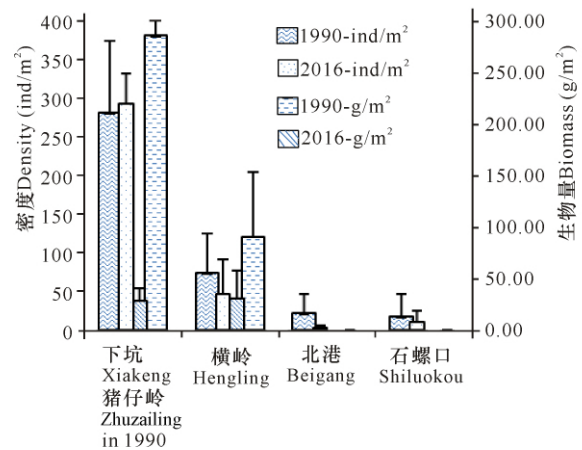


图 3 涠洲岛两次底栖动物调查比较

Fig.3 Comparison of the benthos survey results in 1990 and in 2016

按照库塘、沼泽以及海滩面积数据,根据各类湿地春秋季节单位面积生物量和热量计算涠洲岛湿地总的热量值,以此作为评估承载力的基础,计算结果见表 5。

表 5 涠洲岛湿地生物量与热量

Table 5 Wetland biomass and calorie on Weizhou Island

湿地类型 Wetland type	面积 Size(hm ²)	春季生物量 Spring biomass(kg)	秋季生物量 Autumn biomass(kg)	春季热量 Spring calorie(kJ)	秋季热量 Autumn calorie(kJ)
库塘 Pond	40.58	11 828~19 062	9 574~13 729	62 815 713~106 015 197	47 773 957~68 161 202
沼泽 Marsh	69.56	12 905~17 169	24 637~32 694	64 486 950~88 471 148	132 239 361~180 356 447
潮间带 Intertidal zone	48.40	1 663~2 422	2 136~3 111	43 264 777~46 604 343	55 566 313~59 858 007
合计 Sum	158.54	26 396~38 653	36 347~49 534	170 567 439~241 090 689	235 579 631~308 375 656

潮间带底栖生物量去灰分干重生物量 AFDW 的热值为 $F = 22 \text{ kJ/g}^{[16]}$, 春秋季潮间带底栖生物去灰分干重生物量 AFDW 分别是 $(4.2 \pm 3.9) \text{ g/m}^2$ 和 $(5.4 \pm 5.0) \text{ g/m}^2$, 换算成热量分别是 $(92.4 \pm 85.8) \text{ kJ/m}^2$ 和 $(118.8 \pm 110) \text{ kJ/m}^2$ 。

结果显示, 涠洲岛上湿地觅食地面积 158.54 hm^2 , 觅食地生物热量值春季为 $170 567 439 \sim$

$241 090 689 \text{ kJ}$, 秋季为 $235 579 631 \sim 308 375 656 \text{ kJ}$ 。

3.3 鸻鹬类水鸟群落结构及生境承载力

在为期一年的监测过程中共记录鸻鹬类水鸟 35 种, 分属于 8 科 18 属。野外监测估算群落鸟类体形以及组成比例记录于表 6 中, 鸟类特征与定名查阅文献[17-18]。

表 6 涠洲岛鸻鹬类水鸟特征

Table 6 Features of the shorebirds on Weizhou Island

种类 Species	群落比例 Proportion(%)	体长 Body length(cm)	大小 Size	居留型 Residence style
1 水雉 <i>Hydrophasianus chirurgus</i>	>5	35~42	中 Medium	B
2 彩鹬 <i>Rostratula benghalensis</i>	>5	24~25	中 Medium	B
3 黑翅长脚鹬 <i>Himantopus himantopus</i>	10~29	33~41	中 Medium	B
4 普通燕鹩 <i>Glareola maldivarum</i>	5~10	22~24	中 Medium	P
5 凤头麦鸡 <i>Vanellus vanellus</i>	5~10	29~34	中 Medium	P
6 环颈鸻 <i>Charadrius alexandrinus</i>	>20	17~18	小 Small	R
7 金眶鸻 <i>C. dubius</i>	10~20	15~17	小 Small	R
8 蒙古沙鸻 <i>C. mongolus</i>	>20	18~19	小 Small	P&W&S
9 铁嘴沙鸻 <i>C. leschenaultii</i>	5~10	19~22	小 Small	P&W&S
10 黑尾膝鹬 <i>Limosa limosa</i>	>5	36~38	中 Medium	P
11 斑尾膝鹬 <i>L. lapponica</i>	>5	36~41	中 Medium	P
12 中杓鹬 <i>Numenius phaeopus</i>	5~10	38~43	大 Large	P
13 鹤鹬 <i>Tringa erythropus</i>	5~10	32~32.5	中 Medium	P
14 泽鹬 <i>T. stagnatilis</i>	>5	24~25	中 Medium	P
15 红脚鹬 <i>T. totanus</i>	>5	26~28	中 Medium	P
16 青脚鹬 <i>T. nebularia</i>	5~10	32~34.5	中 Medium	P&W
17 白腰草鹬 <i>T. ochropus</i>	5~10	22~24	中 Medium	P&W
18 林鹬 <i>T. glareola</i>	5~10	21~22	小 Small	P&W
19 矶鹬 <i>Actitis hypoleucos</i>	5~10	18~20	小 Small	P&W&S
20 针尾沙锥 <i>Gallinago stenura</i>	>5	23~28	中 Medium	W
21 扇尾沙锥 <i>G. gallinago</i>	5~10	22~27	中 Medium	W
22 灰尾漂鹬 <i>Heteroscelus brevipes</i>	5~10	25	中 Medium	P
23 翻石鹬 <i>Arenaria interpres</i>	>5	21~24	中 Medium	P
24 翘嘴鹬 <i>Xenus cinereus</i>	>5	23~23.5	小 Small	P
25 大滨鹬 <i>Calidris tenuirostris</i>	>5	28~30	中 Medium	P
26 红颈滨鹬 <i>C. temminckii</i>	5~10	14~14.5	小 Small	W
27 弯嘴滨鹬 <i>C. ferrugines</i>	>5	20~21.5	小 Small	P
28 黑腹滨鹬 <i>C. alpina</i>	5~10	20~21	小 Small	P
29 银鸥 <i>Larus argentatus</i>	>5	59~69	大 Large	W
30 红嘴鸥 <i>L. ridibundus</i>	10~20	31~41	中 Medium	W
31 粉红燕鸥 <i>Sterna dougallii</i>	>5	30~31	中 Medium	P
32 普通燕鸥 <i>S. hirundo</i>	>5	34~35	中 Medium	P
33 白额燕鸥 <i>S. albifrons</i>	>5	21~25	中 Medium	P
34 黑枕燕鸥 <i>S. sumatrana</i>	5~10	33~36	中 Medium	S
35 褐翅燕鸥 <i>S. anaethetus</i>	10~20	36~37	中 Medium	S

注: B-繁殖鸟, P-旅鸟, R-留鸟, S-夏候鸟, W-冬候鸟

Note: B-Breeding bird, P-Passing migrant, R-Resident, S-Summer migrant, W-Winter migrant

在多次野外观测中评估鸕鹚类水鸟群落中各体型鸟类所占比例。春季:鸕鹚类水鸟在涠洲岛上平均停留时间约 60 d;中型鸟约占群落的 60%,小型鸟占 35%,大型鸟只占 5%,因此春季群落平均个体的综合基础代谢为 $0.6 \times 127 + 0.35 \times 52 + 0.05 \times 280 = 108.4$ kJ/d。秋季:鸕鹚类水鸟在涠洲岛上平均停留时间约 90 d;中型鸟占群落的 75%,小型鸟占 19%,

表 7 涠洲岛湿地承载力
Table 7 Wetland carrying capacity of shorebirds on Weizhou Island

湿地类型 Wetland types	面积 Size(hm ²)	春季 Spring(birds)		秋季 Autum(birds)	
		承载力 Carrying capacity	密度 Density(birds/hm ²)	承载力 Carrying capacity	密度 Density(birds/hm ²)
库塘 Pond	40.58	322~543	7.9~13.4	145~207	3.6~5.1
沼泽 Marsh	69.56	330~453	4.8~6.5	603~822	8.7~11.8
潮间带 Intertidal zone	48.40	222~239	4.6~4.9	253~273	5.2~5.6
合计 Sum	158.54	874~1 236	5.5~7.6	1 001~1 302	6.3~8.2

可以看出,涠洲岛湿地水生生物量对鸕鹚类水鸟群落的承载量春季是 874~1 236 只,秋季是 1 001~1 302 只。觅食地鸟类密度为春季 5.5~7.6 只/hm²,秋季 6.3~8.2 只/hm²。在 3 种湿地类型中,春季承载密度库塘最大潮间带最小,秋季沼泽最大库塘最小,可能是库塘水生生物受人类干扰波动较大所致。

如果潮间带的生物量和环境能够恢复到 1990 年的水平,则其对鸕鹚类水鸟的承载密度可达到春季 10.2~10.9 只/hm²,秋季 11.6~12.4 只/hm²,承载力可达到春季 3 526~3 768 只,秋季 4 010~4 287 只,均高于库塘和沼泽湿地现有的密度和承载力水平。

4 讨论

在海岛潮间带大型底栖动物调查中,生物量的计测以湿体生物称重,因此其数值比较大,如中街山列岛岩礁潮间带平均生物量为达到 $(9 651.97 \pm 3 911.92)$ g/m²,平均密度为 $(1 804 \pm 232)$ ind/m²^[19];江苏北部的东西连岛、车牛山岛、达山岛及平山岛潮间带生物平均生物量 4 150.42 g/m²,平均生物密度 17 642 ind/m²^[20],远大于本研究调查的涠洲岛潮间带生物量数据。若均按干重生物量比较,九段沙湿地各类生境底栖生物 AFDW 春季是 23.13~100.17 g/m²,秋季是 14.73~47.59 g/m²^[21],相当于涠洲岛潮间带春季底栖生物 AFDW (4.2 ± 3.9) g/m² 的 6~24 倍,秋季底栖生物 AFDW (5.4 ± 5.0) g/m² 的 3~9 倍。可见涠洲岛潮间带大型底栖动物相当贫乏。

涠洲岛湿地春季水鸟滞留期 60 d,其承载力相当于 331~468 鸟日/hm²,秋季水鸟滞留期 30 d,其承

大型鸟占 6%,平均个体综合基础代谢为 $0.75 \times 127 + 0.19 \times 52 + 0.06 \times 280 = 121.9$ kJ/d。鸟类在野外活动的代谢水平是基础代谢的 3 倍,湿地水生动物向上一层级的消费者鸟类的能量传递符合林德曼的“十分之一律”,由此计算出涠洲岛对鸕鹚类水鸟的承载力结果见表 7。

承载力相当于 568~739 鸟日/hm²,明显低于美国南旧金山湾盐田湿地(含盐量 5~30 ppt)的 $(9 443 \pm 1 649)$ 鸟日/hm²^[21],但高于长江口九段沙的春季 174.7 鸟日/hm²,秋季 138.8 鸟日/hm²^[22]。说明涠洲岛上的淡水湿地具有更丰富的水生生物量,对水鸟承载力的提高有促进作用。

涠洲岛旅游业的迅猛发展,带动了各类基础设施的建设,使本来就稀缺的土地和湿地资源退化或消失。修复保护涠洲岛淡水湿地和潮间带湿地,增加水生生物群落,是提高涠洲岛湿地对水鸟承载力的正确选择。

5 结论

涠洲岛鸕鹚类水鸟群落由 35 种鸟组成。鸕鹚类水鸟在涠洲岛的觅食地面积为 158.54 hm²,包括库塘面积 40.58 hm²,沼泽面积 69.56 hm² 以及涠洲岛东岸潮间带面积 48.40 hm²。涠洲岛湿地对鸕鹚类水鸟承载力为春季 874~1 236 只,秋季是 1 001~1 302 只。各类型湿地承载力密度(只/hm²)分别是春季库塘 10.7>沼泽 5.6>潮间带 4.8,秋季沼泽 6.8>库塘 4.3>潮间带 3.6。淡水湿地鸕鹚类水鸟密度高于潮间带密度。1990 年以来潮间带觅食地面积损失了 86%,单位面积平均生物量下降了 55%。湿地修复将有助于提高涠洲岛对水鸟的承载力。

参考文献:

- [1] 侯森林. 鸕鹚类研究进展[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(32):15873-15874,15881.
HOU S L. Research progress of shorebirds[J]. Journal of Anhui Agri Sci, 2009, 37(32):15873-15874,15881.

- [2] 舒晓莲,李一琳,杜寅,等.广西涠洲岛鸟类自然保护区的鸟类资源[J].动物学杂志,2009,44(6):54-63.
SHU X L, LI Y L, DU Y, et al. Birds in Weizhou Island bird nature reserve, Guangxi, China[J]. Chinese Journal of Zoology, 2009, 44(6): 54-63.
- [3] ORIANE W T, SUSAN M H. Landscape context mediates influence of local food abundance on wetland use by wintering shorebirds in an agricultural valley[J]. Biological Conservation, 2006, 128: 298-307.
- [4] 倪永明,李湘涛.北戴河地区鸻形目鸟类觅食生境动态变化[J].生态学报,2009,29(4):1731-1737.
NI Y M, LI X T. Suitability evaluation of plover birds' foraging habitat in Beidaihe areas based on GIS[J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(4): 1731-1737.
- [5] 王增礼,张伟,曲阜河滨两种鸻形目鸟类觅食行为对人为干扰的响应[J].安徽农业科学,2009,37(4):1586-1587,1590.
WANG Z L, ZHANG W. The effect of human disturbance on foraging behaviors of two kinds of charadriiformes in Qufu streamside[J]. Journal of Anhui Agri Sci, 2009, 37(4): 1586-1587, 1590.
- [6] ANDERSON J T, SMITH L M. Carrying capacity and diel use of managed playa wetlands by nonbreeding waterbirds[J]. Wildlife Society Bulletin, 1999, 27(2): 281-291.
- [7] SCHOENER T W. Sizes of feeding territories among birds[J]. Ecology, 1968, 49(1): 123-141.
- [8] MEIRE P M, SCHEKKERMAN H, MEININGER P L. Consumption of benthic invertebrates by waterbirds in the Oosterschelde estuary, SW Netherlands[J]. Hydrobiologia, 1994, 282/283(1): 525-546.
- [9] 广西海洋开发保护管理委员会.广西海岛资源综合调查报告[M].南宁:广西科学技术出版社,1996.
Guangxi Oceanic Development and Protect Management Committee. Comprehensive survey report of Guangxi island resources [M]. Nanning: Guangxi Science and Technology Press, 1996.
- [10] 况雪源,苏志,涂方旭.广西气候区划[J].广西科学,2007,14(3):278-283.
KUANG X Y, SU Z, TU F X. Climate regionalization of Guangxi[J]. Guangxi Sciences, 2007, 14(3): 278-283.
- [11] 廖秋香,尤明双,刘旭.涠洲岛旅游气候资源的评价及利用[J].贵州气象,2012,36(2):38-39,51.
LIAO Q X, YOU M S, LIU X. Evaluation and utilization on tourism climate resource of Weizhou Island[J]. Journal of Guizhou Meteorology, 2012, 36(2): 38-39, 51.
- [12] GOSS-CUSTARD J D, STILLMAN R A, CALDOW R W G, et al. Carrying capacity in the overwintering birds: When are spatial models needed? [J]. Journal of Applied Ecology, 2003, 40(1): 176-187.
- [13] 陈进树.浅析林德曼效率的适用前提和对象[J].中国科技信息,2010(17):24,26.
CHEN J S. Brief analysis of application conditions and objects of Lindeman Law[J]. China Science and Technology Information, 2010(17): 24, 26.
- [14] 葛振鸣,周晓,施文彧,等.九段沙湿地鸻形目鸟类迁徙季节环境容纳量[J].生态学报,2007,27(1):90-96.
GE Z M, ZHOU X, SHI W Y, et al. Carrying capacity of shorebirds at Jiuduansha wetland during the migratory seasons[J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(1): 90-96.
- [15] 沙怡梅.图说食物热量与运动健康[M].北京:中国科学技术出版社,2013.
SHA Y M. Illustrated book of food heat and sport&health[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 2013.
- [16] ZWARTS L, BLOMERT A M. Selectivity of whimbrels feeding on fiddler crabs explained by component specific digestibilities[J]. Ardea, 1990, 78: 193-208.
- [17] 中国野生动物保护协会.中国鸟类图鉴[M].郑州:河南科学技术出版社,1995.
China Wildlife Conservation Association. Atlas of birds of China[M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 1995.
- [18] 尹琏,费嘉伦,林超英.香港及南华鸟类[M].香港:香港特别行政区政府新闻处,2006.
YI L, FEI J L, LIN C Y. Avifauna of Hongkong and south China[M]. Hongkong: Information Services Department of the Hongkong Special Administrative Region of the People's Republic of China, 2006.
- [19] 姚海峰,薛巍,邹广明,等.中街山列岛岩礁潮间带春季大型底栖动物的群落结构[J].安徽农业科学,2012,40(17):9282-9284.
YAO H F, XUE W, ZOU G M, et al. Community structure of macrobenthos in the rocky intertidal zone of Zhongjieshan archipelago in spring[J]. Journal of Anhui Agri Sci, 2012, 40(17): 9282-9284.
- [20] 张虎,郭仲仁,刘培廷.江苏省海岛潮间带底栖生物分布特征[J].南方水产,2010,6(4):49-55.
ZHANG H, GUO Z R, LIU P T. Distribution characteristics of intertidal macrobenthos around Jiangsu islands[J]. South China Fisheries Science, 2010, 6(4): 49-55.
- [21] BRAND L A, TAKEKAWA J Y, SHINN J, et al. Effects of wetland management on carrying capacity of diving ducks and shorebirds in a coastal estuary[J]. Waterbirds, 2014, 37(1): 52-67.
- [22] GE Z M, ZHOU X, WANG T H, et al. Effects of vegetative cover changes on the carrying capacity of migratory shorebirds in a newly formed wetland, Yangtze River estuary, China [J]. Zoological Studies, 2009, 48(6): 769-779.

(责任编辑:陆雁符支宏)